

KECEPATAN DAN TENDENSI PENURUNAN PERMUKAAN TANAH DI WILAYAH KODYA SEMARANG BAGIAN TIMUR

Slamet Basuki*)

ABSTRACT

To monitor the ground level subsidence of East Semarang Region, control points or bench marks (BM) had been installed around the region about 2 km intervals. The ground control points had been levelled in 1996 and 1999 with first order spirit levelling methode. The levelling circuit was tied on TTG 927 bench mark which is located inside the region and TTG 447 located outside the region respectively. These bench marks were levelled by National Coordination Agency for Surveys and Mapping (Bakosurtanal) on 1983. The results indicates, that the ground level of East Semarang Region has decreased about 6 cm/year while northern area decreased deeper than those of the south.

PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk dan perkembangan industri yang cukup pesat di Kodya Dati II Semarang membawa konsekuensi meningkatnya kebutuhan air bersih untuk rumah tangga maupun industri. Oleh karena suplai air bersih dari PDPAM tidak mencukupi, maka banyak masyarakat yang mengambil air tanah dangkal maupun dalam yang tidak terkendali, yang mengakibatkan penurunan kualitas air tanah, intrusi air laut dan penurunan permukaan tanah. Akibat penurunan permukaan tanah ini sangat jelas terlihat di Wilayah Semarang Tengah dan Timur bagian Utara dimana sering terjadi banjir musiman maupun terjadinya genangan di beberapa tempat saat air laut pasang.

Untuk mengatasi hal tersebut di atas, diperlukan penelitian dan pemantauan tingkat kecepatan penurunannya, agar dapat diambil langkah-langkah penanganannya secara cepat dan tepat. Mengingat keterbatasan dana, pemerintah Kodya Dati II Semarang mengambil kebijaksanaan secara bertahap, dimulai dari wilayah bagian timur dahulu meliputi wilayah Kecaamatan Genuk dan Kecamatan Semarang Timur, baru kemudian bagian tengah dan barat.

TINJAUAN PUSTAKA

Sejak tahun 1989 pengambilan air tanah di Kodya Dati II Semarang terus meningkat dari tahun ke tahun. Pengambilan air tanah dangkal banyak dilakukan oleh penduduk untuk keperluan rumah tangga, sedang air tanah dalam, banyak diambil oleh industri, perkantoran pemerintah dan swasta. (Ahmad dan Burhanul A, 1990).

Dinas Geologi Tata Lingkungan (DGTL) Kodya Dati II Semarang mensinyalir adanya penurunan kualitas air tanah di Kodya Dati II Semarang akibat pengambilan air tanah yang tak terkendali (DGTL, 1994).

Jumlah penduduk Kodya Dati II Semarang yang terus bertambah, berdampak langsung terhadap peningkatan kebutuhan areal pemukiman dan air bersih. Peningkatan areal pemukiman mengakibatkan berkurangnya areal peresapan dan bersamaan dengan itu berlangsung peningkatan pengambilan air tanah baik oleh penduduk maupun industri. Apabila fenomena ini berlangsung terus tanpa terkendali, maka permukaan air tanah akan turun, sehingga tekanan pori berkurang yang mengakibatkan daya dukung tanah menurun, dan akibatnya permukaan tanah juga akan mengalami penurunan (Hendro Wakhid, 1994).

Banyak metode penentuan beda tinggi, namun metode sipatdatar masih merupakan metode penentuan beda tinggi yang paling teliti dibanding dengan metode yang lain (Banister A, Raymond, 1977).

Kerangka dasar untuk pemantauan deformasi dapat dibedakan dalam dua jenis yaitu relatif dan absolut. Kerangka relatif apabila titik ikat berada dalam daerah yang dipantau, sedangkan absolut apabila titik ikat berada di luar areal yang dipantau (Wijayanti N, 1999).

Penyelesaian permasalahan yang berkaitan dengan pengukuran, dapat diselesaikan dengan beberapa metode, antara lain dengan metode kuadrat terkecil metode parameter, yang dalam bentuk matriks dapat ditulis (Paul R Wolf, 1980) :

$$AX = L + V \quad (1)$$

Dalam hal ini :

A : adalah matriks koefisien parameter

X : matriks parameter yang dicari

L : matriks pengukuran / pengamatan

V : matriks koreksi pengukuran / pengamatan

Selanjutnya,

$$A^T AX = A^T L \quad (2)$$

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L \quad (3)$$

*) Ir. Slamet Basuki, M.Si., Dosen Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik UGM

METODE PENELITIAN

Bahan

1. Jaringan titik kontrol duga tinggi (BM) sebanyak 8 buah, berupa loop tertutup yang dipasang pada tahun 1996 dengan interval jarak ± 2 km.
2. Data ketinggian Titik Tinggi Geodesi (TTG) No. 927 yang terletak pada pondasi jembatan Banjir Kanal Timur dan No.447 yang terletak di Kaliwiro-Jatingaleh-Semarang Atas yang diukur oleh Bakosurtanal pada tahun 1983.
3. Data ukuran beda tinggi antar BM secara berurutan, yang diukur dengan metode sipat datar teliti tingkat I (orde) I pada tahun 1996 dan 1999.
4. Peta Geologi dan Peta Aliran Air Tanah Dalam Kabupaten Semarang.

Alat

1. Alat ukur EDM Red-2L dan teodolit TS-6 Sokisha.
2. Alat ukur sipat datar otomatis Zeiss Ni 007 plus plat plan paralel dan sepasang rambu invar.

Pelaksanaan

1. Setelah titik-titik kontrol duga tinggi (BM) terpasang pada tahun 1996, dilakukan pengukuran

posisi planimeteris (X,Y) dengan metode poligon tertutup. Jarak sisi poligon diukur dengan EDM dan sudut diukur dengan teodolit TS-6. Koordinat poligon dihitung dalam sistem proyeksi UTM.

2. Dilakukan pengukuran beda tinggi antar BM dengan metode sipat datar berantai dengan ketelitian tingkat I (Orde I). Pengukuran tiap seksi dilakukan pergi-pulang, sebagai ikatan ketinggian digunakan TTG 927 yang menjadi satu kesatuan dalam jaringan titik duga tinggi. Hasil ukuran diratakan dengan Ilmu Hitung Kuadrat Terkecil metode parameter dengan matriks.
3. Jaringan yang sama diukur kembali pada tahun 1999 dengan alat dan metode yang sama, dengan titik ikat tambahan TTG 447, yang dianggap tidak mengalami perubahan ketinggian. Hasil ukuran diratakan dengan Ilmu Hitung Kuadrat Terkecil metode parameter dengan matriks, untuk mendapatkan beda tinggi definitif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil ukuran beda tinggi keliling dan deformasi relatif

Hasil ukuran pergi-pulang tiap seksi dan keliling dari kedua kala pengukuran semua memenuhi toleransi $4 \text{ mm} \sqrt{L}$, setelah diratakan hasil keduanya dan dihitung deformasi relatifnya, hasilnya sebagai berikut (tabel 1) :

Tabel 1. Hasil beda tinggi setelah diratakan ukuran tahun 1996 dan 1999 dan besarnya deformasi relatif terhadap TTG 927.

BM	UKURAN TH 1996		UKURAN TH 1999		DEF. RELATIF	KET. POSISI
	BEDA TINGGI (m)	BEDA TINGGI THD TTG 927	BEDA TINGGI (m)	BEDA TINGGI THD TTG 927		
TTG 927						
BM 8	- 2,377	- 2,377	- 2,409535	- 2,409535	- 0,032535	Utara
BM 1	+ 0,953	- 1,424	+ 0,955007	- 1,454528	- 0,030528	Utara
BM 2	+ 3,075	+ 1,651	+ 3,171411	+ 1,716883	+ 0,065883	Tengah
BM 3	+ 2,286	+ 3,937	+ 2,302204	+ 4,019087	+ 0,082087	Tengah
BM 4	+ 7,238	+ 11,175	+ 6,945649	+ 10,964736	Berubah	Berubah
BM 5	- 2,566	+ 8,609	- 2,213819	+ 8,750917	+ 0,141917	Selatan
BM 6	- 6,183	+ 2,426	- 6,178181	+ 2,572736	+ 0,146736	Selatan
BM 7	- 3,947	- 1,521	- 4,067989	- 1,495253	- 0,025747	Utara
TTG 927	+ 1,521	0,000	+ 1,495253	0,000000		

Catatan: BM4 sebelum diukur ulang telah mengalami perubahan posisi terdorong akar pohon, sehingga tak dapat diikuti dalam evaluasi.

Atas dasar Tabel 1 di atas, terlihat jelas bahwa titik-titik kontrol duga tinggi selama kurun waktu 3 tahun (1996 – 1999) terjadi perubahan beda tinggi (deformasi relatif) terhadap TTG 927. Di bagian utara mengalami penurunan (-), di bagian tengah mengalami kenaikan (+) kecil, sedang di bagian selatan mengalami kenaikan yang lebih besar daripada bagian tengah.

Deformasi absolut

Dari hasil pengukuran pengikatan ke TTG 447 pada ukuran 1999 yang berjarak $\pm 7,3$ km di luar daerah yang diteliti didapat ketinggian TTG 927 = + 3,593599 m, sedang ukuran tahun 1983 adalah + 4,5140 m. Dengan demikian dalam kurun waktu 16 tahun, TTG 927 mengalami penurunan sebesar : $4,5140 \text{ m} - 3,393599 \text{ m} = 0,920401 \text{ m}$. Dengan asumsi penurunan berjalan secara linier, maka besar penurunan per tahun = $0,920401 \text{ m} : 16 = 0,057525062 \text{ m} = 57,525 \text{ mm} \approx 6 \text{ cm}$. Dengan demikian untuk kurun waktu selama 3 tahun terakhir antara 1996 – 1999, mengalami penurunan sebesar $3 \times 57,525 \text{ mm} = 172,575 \text{ mm}$. Atas dasar angka tersebut, dapat dihitung penurunan tinggi absolute (deformasi absolut) di setiap titik duga tinggi sebagai berikut (tabel 2) :

Tabel 2. Ketinggian titik-titik kontrol duga tinggi ukuran 1996 dan 1999 dan besarnya deformasi absolut dalam kurun waktu 3 tahun.

NO. BM	TINGGI UKURAN (m)		DEF. ABSOLUT DLM 3 THN (mm)	POSISI
	1996	1999		
TTG 927	+ 3,7660	+ 3,5936	- 172,4	Utara
BM 8	+ 1,389	+ 1,1840	- 205,0	Utara
BM 1	+ 2,342	+ 2,1391	- 202,9	Utara
BM 2	+ 5,417	+ 5,3104	- 106,6	Tengah
BM 3	+ 7,703	+ 7,6126	- 90,4	Tengah
BM 4	+ 14,941	+ 14,8230	-	Selatan
BM 5	+ 12,375	+ 12,3445	- 30,5	Selatan
BM 6	+ 6,192	+ 6,1663	- 25,7	Selatan
BM 7	+ 2,245	+ 2,0983	-146,7	Tengah
TTG 927				

Dari Tabel 2 di atas jelas terlihat bahwa secara absolut semua titik duga tinggi selama tiga tahun terakhir mengalami penurunan. Berdasarkan posisi dari titik-titik duga tinggi tersebut, daerah penurunan dapat dikelompokkan dalam 3 zona (wilayah), yaitu utara, tengah dan selatan. Zona utara mengalami penurunan yang terbesar, berkisar antara 170 s.d. 205 mm. TTG 927 di utara memang mengalami penurunan yang paling kecil, karena posisinya berada pada pondasi jembatan Banjir Kanal Timur yang cukup

kokoh karena didirikan di atas tiang-tiang pancang yang dalam. Zona tengah mengalami penurunan berkisar antara 90 s/d 146 mm, sedang zona selatan penurunannya hanya berkisar dari 25 s/d 30 mm. Dari angka-angka tersebut menunjukkan bahwa penurunan permukaan tanah di wilayah Semarang Timur, makin ke utara semakin besar penurunannya, sedang makin ke arah selatan semakin mengecil.

Kondisi demikian sesuai dengan arah aliran air tanah dalam, dimana dari peta kontur aliran air tanah menunjukkan bahwa arah aliran air tanah dalam, mengarah dari selatan ke utara (Lampiran 3). Berdasar pada kondisi akuifer dan Zona Konservasi Air Bawaah Tanah daerah Semarang yang dikeluarkan oleh Direktorat Geologi Tata Lingkungan (1993) , pada daerah tersebut merupakan zona eksplorasi air bawah tanah yang cukup intensif, terutama air bawah tanah tertekan, yang seharusnya pengambilannya harus lebih dalam dari 120m dan peruntukannya hanya untuk rumah tangga, kenyataannya lebih dangkal dari ketentuan dan digunakan pula untuk keperluan industri.

Ditinjau dari zona kerentanan gerakan tanah yang dari aspek geologi merupakan aspek yang membahayakan lingkungan, pada daerah ini batuan pembentuk lerengnya berupa lapisan endapan laut yang terdiri dari perselingan batu lempung, napal dan pasir memang merupakan zona kerentanan gerakan tanah tingkat menengah sampai tinggi, sehingga tendensi (trend) untuk terjadinya deformasi yang berupa penurunan permukaan tanah adalah cukup besar.

Dari pengamatan secara visual telah terlihat pula bahwa daerah Semarang Timur bagian utara sering terjadi banjir musiman maupun banjir yang diakibatkan oleh pasang air laut yang kadang-kadang cukup lama surutnya, sehingga beberapa daerah sering tergenang (daerah sekitar pelabuhan dan stasiun Tawang). Keadaan tersebut diperparah pula dengan frekuensi lalu lintas yang sangat tinggi di daerah tersebut baik kendaraan antar kota maupun kendaraan niaga yang notabene bermuatan berat.

Dengan kecepatan penurunan permukaan tanah hampir mencapai 6 cm per tahun, maka akumulasi penurunan sebesar 20 – 30 cm akan memerlukan waktu antara 3 – 5 tahun. Besar penurunan tersebut akan sangat berpengaruh terhadap bangunan sipil. Dengan demikian sebaiknya pemantauan penurunan permukaan tanah di wilayah ini perlu dilaksanakan setiap 3 – 5 tahun sekali, dan Pemerintah Daerah perlu segera mengambil langkah-langkah konkrit untuk menanggulangnya, setidaknya tidaknya memperkecil angka penurunan tersebut..

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan sbb:

1. Kecepatan penurunan permukaan tanah di wilayah Kodya Dati II Semarang Timur ± 6 cm per tahun.
2. Kecepatan penurunan permukaan tanah semakin ke utara semakin besar, dan mengecil ke arah selatan.
3. Penyebab utama penurunan permukaan tanah di wilayah Kodya Dati II Semarang adalah pengambilan air tanah yang tak terkontrol, faktor geologi lingkungan yang rentan dan frekuensi lalu lintas kendaraan yang tinggi dan berat.

Saran-saran

1. Perlu segera dilakukan penelitian yang sama untuk wilayah Semarang Tengah dan Barat, baik secara parsial maupun global/simultan.
2. Perlu segera diambil langkah-langkah positif untuk menanggulangi angka kecepatan penurunan permukaan tanah yang terjadi, agar kelestarian Kota Semarang lebih terjamin.
3. Perlu pengaturan dan pengawasan yang ketat dalam masalah pengambilan air tanah.
4. Pemerintah Daerah perlu segera mencari sumber air bersih di luar kawasan ini, agar pengambilan air tanah dapat ditekan sekecil mungkin.

UCAPAN TERIMA KASIH.

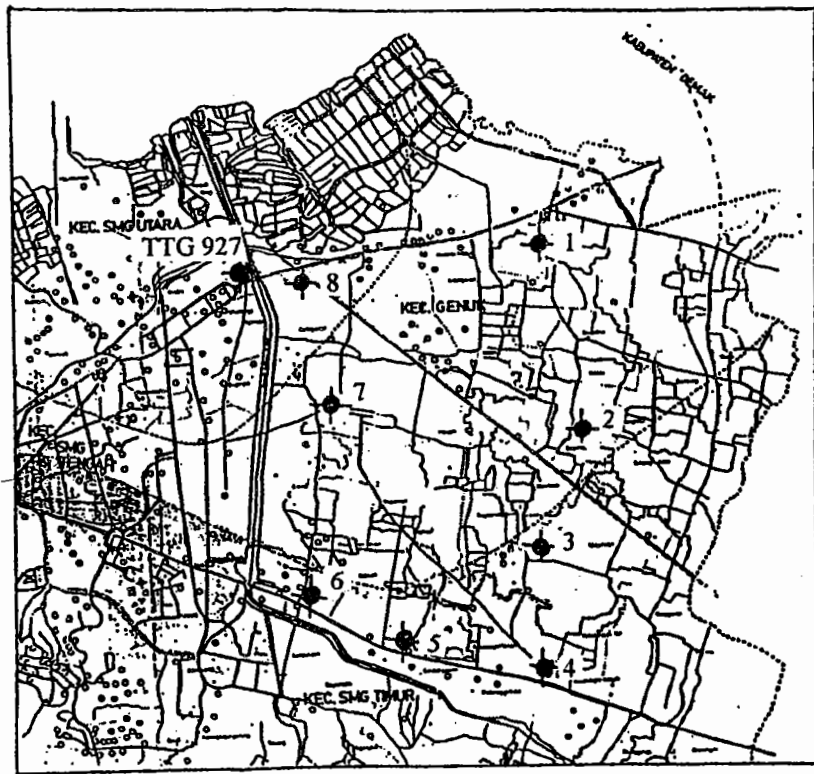
Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir.Suyitno dan Bapak Ir.Suseno dari Dinas Pertambangan Propinsi Jawa Tengah atas kepercayaan dan kerjasamanya, demikian pula kepada Bapak Ir.H.Djawahir M.Sc dan Sdr.Suryanto atas kerjasama dan bantuannya,

sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar. Disamping itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang tak dapat kami sebut satu persatu atas segala bantuannya sehingga paper ini dapat dipublikasikan.

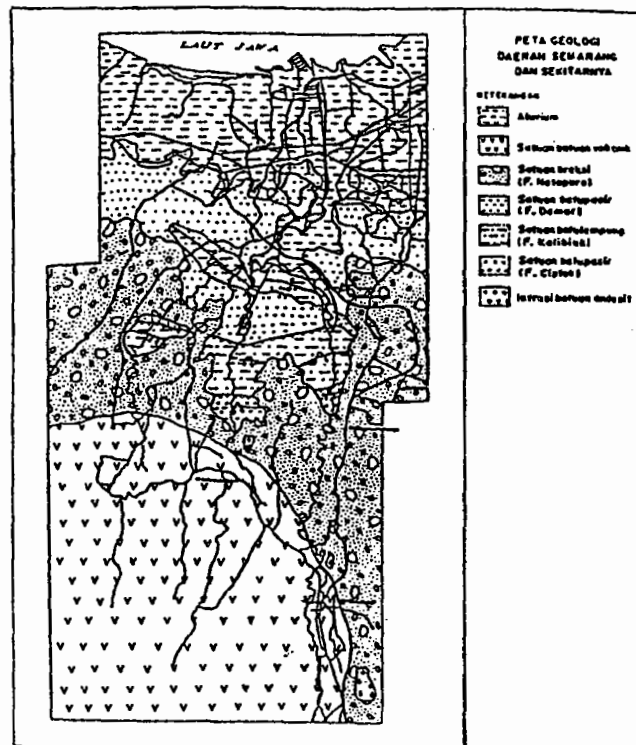
DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, M. dan Burhanul, A., 1990, "*Survei Konservasi Air Tanah Daerah Semarang dan Sekitarnya*," Laporan No.26/HGKA/90. Departemen Pertambangan dan Energi Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Sub Direktorat Hidrologi, Bandung.
- Banister, A., Raymonds., 1977, "*Surveying*", Fourth Edition, Pitman Publishing Limited, London.
- Hendro Wakhid., 1994, "*Survei Konservasi Air Tanah Daerah Semarang, Kendal, Demak Jawa Tengah*," Laporan No.19/HGKA/94. Departemen Pertambangan dan Energi Dirjen Geologi dan Sumberdaya Mineral Direktorat Geologi Tata Lingkungan Sub Direktorat Hidrologi, Bandung.
- Ivan, I., Mueller., Kake, H., Ramsayer., 1977, "*Introduction to Surveying*", Frederik Ungar Publishing Co Inc, New York.
- Paul, R., Wolf., 1981, "*Adjustment Computation (Practical Least Squares for Surveyor)*", 2nd Edition, Edisi Indonesia, Diterbitkan oleh Departemen Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung.
- Wijayanti, N., 1999, "*Analisis Geometrik Deformasi Pada Kerangka Dasar Relatif*" Media Teknik No.1 Th.XXII Edisi Pebruari 2000 Penerbit Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Lampiran 1.
Peta Sebaran Titik Kontrol Duga Tinggi
Skala 1 : 1.000.000



Lampiran 2.
Peta Geologi Daerah Semarang dan Sekitarnya
Skala 1 : 1.250.000



Lampiran 3.
Peta Arah Aliran Air Tanah Dalam
Skala 1 : 1.600.000

